

DERWENT-ACC-NO: 2000-274192

DERWENT-WEEK: 200024

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Multichannel spectrometer for optical  
characteristic analysis of material

PATENT-ASSIGNEE: SOMA KOGAKU KK[SOMAN]

PRIORITY-DATA: 1998JP-0223296 (August 6, 1998)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PAGES	MAIN-IPC	PUB-DATE	LANGUAGE
JP 2000055733 A	013	G01J 003/18	February 25, 2000	N/A

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DATE	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
JP2000055733A	August 6, 1998	N/A	1998JP-0223296

INT-CL (IPC): G01J003/18

ABSTRACTED-PUB-NO: JP2000055733A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - A detector (6) has an array of detection units arranged in the direction of a principal plane (30), and provided on both sides of the principal plane. An entrance slit (1) is formed on one side of the principal plane with a surface direction to which the optical dispersion of distributed element (3) is affected. DETAILED DESCRIPTION - An optical element for image formation connects a measured light to the light receiving surface of the detector. The distributed element distributes the light,

measured by the detector, at different angles depending on the wavelength of light. An optical element for parallel performs the parallel incidence of light from the entrance slit to the distributed element.

USE - For optical characteristic analysis of material.

ADVANTAGE - Enables simultaneous measurement of intensity of light of different wavelength. Improves measurement with respect to brightness or resolution since influence of coma is reduced to half. Simplifies distribution of entrance slit, thus spectrometer is made compact. Enables easy adjustment of optical system. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the perspective diagram of the multichannel spectrometer. (1) Entrance slit; (3) Distributed element; (6) Detector; (30) Principal plane.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/6

TITLE-TERMS: MULTICHANNEL SPECTROSCOPE OPTICAL CHARACTERISTIC ANALYSE MATERIAL

DERWENT-CLASS: S03

EPI-CODES: S03-A02A;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2000-205589

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-55733

(P2000-55733A)

(43) 公開日 平成12年2月25日 (2000.2.25)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 1 J 3/18

識別記号

F I

G 0 1 J 3/18

サーチコード\* (参考)

2 G 0 2 0

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-223296

(22) 出願日 平成10年8月6日 (1998.8.6)

(71) 出願人 591060245

株式会社相馬光学

東京都西多摩郡日の出町大久野114-4

(72) 発明者 増谷 浩二

東京都西多摩郡日の出町大久野114番地4

株式会社相馬光学内

(74) 代理人 100097548

弁理士 保立 浩一

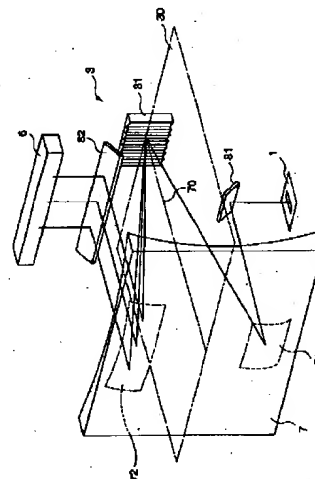
Fターム(参考) 2G020 CC02 CC04 CC42 CC51 CD01  
CD06

(54) 【発明の名称】 マルチチャンネル分光計

(57) 【要約】

【課題】 収差が小さく抑えられて分解能の高い実用的なマルチチャンネル分光計を提供する。

【解決手段】 被測定光を波長に応じて所定の角度で分散させる分散素子3として用いられた回折格子31の光分散作用の働く方向の面である主平面30を挟んで一方の側に入射スリット1が設けられ、検出素子を主平面30の方向に並べたアレイ型検出器6が主平面30を挟んで他方の側に配置されており、入射スリット1から入射した被測定光を平行光にして回折格子31に入射させる平行用光学素子と、波長に応じて異なる角度で回折格子31から分散する被測定光をアレイ型検出器6の各検出素子に結ばせる結像用光学素子とを備えている。平行用光学素子は球面鏡7の下側部分71であり、結像用光学素子は球面鏡7の上側部分72である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 異なる波長の光の強度を同時に測定することができるマルチチャンネル分光計であって、被測定光が入射する入射スリットと、被測定光をその波長に応じて所定の角度で分散させる分散素子と、入射スリットから入射した被測定光を平行光にして分散素子に入射させる平行用光学素子と、波長に応じて異なる角度で分散素子から分散する被測定光が入射する検出器と、検出器の受光面に被測定光を結ばせる結像用光学素子とを備え、

前記入射スリットは、前記分散素子の光分散作用が働く方向の面である主平面を挟んで一方の側に配置されており、前記検出器は、検出素子を主平面の方向に並べたアレイ型検出器であって主平面を挟んで他方の側に配置されていることを特徴とするマルチチャンネル分光計。

【請求項2】 前記入射スリットと前記分散素子との間の光路上には入射側反射鏡が設けられており、入射スリットからの光軸はこの入射側反射鏡により90度曲げられて前記分散素子に達していることを特徴とする請求項1記載のマルチチャンネル分光計。

【請求項3】 前記結像素子と前記検出器との間の光路上には出射側反射鏡が設けられており、結像素子からの光軸はこの出射側反射鏡により90度曲げられて前記検出器に達していることを特徴とする請求項1記載のマルチチャンネル分光計。

【請求項4】 前記出射側反射鏡と前記検出器とは、前記結像素子と前記出射側反射鏡とを結ぶ光軸の方向に沿って一体に移動可能に設けられていることを特徴とする請求項3記載のマルチチャンネル分光計。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本願の発明は、異なる波長の光の強度を同時に測定することができるマルチチャンネル分光計に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】分光測定は、産業の各分野で盛んに行われている。例えば、材料分析の分野では、吸光度や光透過率等の光学特性の分析に分光測定が盛んに利用されているし、新光源の開発においては、光源の発光スペクトルを測定することが必須となっている。このような分光測定を行うには、波長ごとの光の強度が測定できる分光計が必要である。分光計は、回折格子などの分散素子に各波長ごとに光を分散させ、特定の波長の光のみを検出器に入射させてその強度を測定するものである。分光計は、波長ごとに異なる角度で光を分散させる回折格子等の分散素子を備えた光学系（以下、マウントと呼ぶ）を使用する。

【0003】図5は、従来の代表的な分光計のマウントの概略構成を示す図である。分光計のマウントには、リットロー(Littrow)形、ツェルニーターナー(Czerny-Tur

ner)形等が知られている。このうち、図5には、最も代表的なタイプであるツェルニーターナー形の構成が示されている。ツェルニーターナー形では、入射スリット1から入射した光を第一球面鏡2に反射させて平行光にした後、分散素子3として用いられた回折格子に入射させるよう構成されている。そして、回折格子により分散された光は、第二球面鏡4に反射して出射スリット5に達するようになっている。第二球面鏡4は、出射スリット5に入射スリット1の像を結像するよう構成されており、回折格子の配置角度によって決まる所定の波長の光のみが出射スリット5を通過するようになっている。出射スリット5を通過した光は、不図示の検出器に入射してその強度が検出される。そして、不図示の送り機構によって回折格子の配置角度が変えられ、波長送りによって各波長の強度が順次測定できるようになっている。

【0004】従来の分光計においてツェルニーターナー形のマウントが多く用いられるのは、次のような理由による。分光計も、他の光学装置と同様に、収差の問題を抱えている。分光計における収差には、球面収差、非点収差、コマ収差等がある。球面収差は、光軸に対して回転対称な収差であり、球面鏡を使用するマウントにおいて避けられないものである。

【0005】非点収差は、主光線（球面鏡の中心を通る光線）と球面鏡の光軸とが成す平面（メリジオナル面）上を進むメリジオナル光線と、主光線上においてメリジオナル面と垂直に交差する面（サジタル面）上を進むサジタル光線とが、同一の焦点で結ばないことに起因した収差である。図5に示すように、ツェルニーターナー形では、入射スリット1、第一球面鏡2、分散素子3、第二球面鏡4及び出射スリット5が同一平面上に配置されている。より正確に言えば、入射スリット1、第一球面鏡2、分散素子3、第二球面鏡4を経て出射スリット5に達する光線（図5に実線で示す）が成す面はメリジオナル面に相当しており、この面は、分散素子3の光分散作用が働く方向の面（以下、主平面）に一致している。そして、入射スリット1及び出射スリット5はこの面に垂直な方向に長い。このため、非点収差が分光計の分解能に与える影響が小さくなっている。

【0006】より具体的に説明すると、図5において、第二球面鏡4は入射スリット1の像を出射スリット5に投影するよう作用するが、この出射スリット5において像は非点収差の影響を受ける。この場合、分散素子3による分散方向はメリジオナル面の方向であるから、出射スリット5においては、少なくともメリジオナル面の方向において正しく結像する必要がある。メリジオナル面の方向に正しく結像していないと、異なる分散方向の光が重なり合うように出射スリット5に入射するようになり、分解能が低下する。そこで、ツェルニーターナー形では、出射スリット5にはメリジオナル光線の焦点が位置するよう構成される。そして、入射スリット1の幅

を十分に小さくすることで、十分に高い分解能を得ることができる。尚、サジタル光線は出射スリット5では結像しないので、出射スリット5における像は、入射スリット1より少し長いものになる。この場合、出射スリット5の長さを入射スリット1に比べて少し長くすることで、光の損失を防止できる。

【0007】また、コマ収差は、球面鏡に入射する平行光線が同じ角度で球面鏡に入射しないことに起因した収差である。スリットを使用する分光計では、スリットの幅が狭い高分解能型である等の特殊な事情がない限り、コマ収差は特に問題とならない。但し、第一と第二の球面鏡の配置の仕方が分散素子に対して対称的でないリトロ形のマウントの場合、コマ収差が分解能に影響を与える場合がある。この点で、ツェルニーターナー形のマウント場合、球面鏡の配置が対称的なので、コマ収差の影響も少ない長所がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、従来の分光計は、非点収差やコマ収差の影響が少ない点で優れているツェルニーターナー形のマウントを多く使用してきた。しかしながら、発明者の研究によると、実用性の高いものの開発が最近強く要望されているマルチチャンネルタイプの分光計には、ツェルニーターナー形のマウントは不適であることが分かってきた。この点を以下に説明する。

【0009】前述した分光計は、単一チャンネルの分光計（単色計）であり、一回の測定では特定の限られた波長の光の強度が分かるのみである。異なる波長又は波長域の光の強度を同時に測定することはできない。例えば対象物の刻々と変化する分光特性を調べたい場合や、フラッシュランプ等の非連続光源の発光スペクトルを調べたい場合等では、多波長の強度測定を同時に行うことが好ましいが、前述した分光計ではできない。

【0010】一方、ダイオードアレイ等の検出素子を並べたアレイ型受光器の開発により、一回の測定で異なる波長の強度測定が同時に行える分光計（本明細書ではマルチチャンネル分光計と呼ぶ）の開発が可能となってきた。マルチチャンネル分光計は、出射スリット5を配置せず、出射スリット5の位置（又はこれと光学的に等価な位置）にアレイ型検出器を配置する。アレイ型受光器の検出素子の配列方向は回折格子31が光を分散させる方向と一致させる。従って、図5に示すツェルニーターナー形のマウントを使用してマルチチャンネル分光計を構成すると、図6に示すようになる。図6は、ツェルニーターナー形のマウントを使用したマルチチャンネル分光計の概略構成を示す図である。図6に示すアレイ型検出器6の各検出素子には、波長ごとに異なる方向に分散した光が入射し、各検出素子毎に独立して光電変換することで、分光された各波長の強度を同時に知ることができる。

【0011】しかしながら、ツェルニーターナー形のマウントをマルチチャンネル分光計に使用すると、次のような問題がある。即ち、図6から分かるように、分散素子3からの光は、波長により異なる角度で分散して異なる角度で第二球面鏡4に入射する。単色計の場合には特定の波長の光のみが出射スリット5に結像するので特に問題とならなかったが、マルチチャンネル分光計の場合、波長ごとに異なる角度で第二球面鏡4に入射した光がアレイ型検出器6の各検出素子に入射するので、コマ収差の発生量が各波長ごとに異なる。そして、ツェルニーターナー形のマウントを使用した場合、第二球面鏡4への入射角が波長により大きく異なることになり、特に大きい入射角の波長ではコマ収差の影響が非常に大きくなってしまいう問題がある。

【0012】より具体的に説明すると、図6において、分散素子3から分散する各波長の光を $\lambda_1, \dots, \lambda_M, \dots, \lambda_N$ とすると、 $\lambda_1$ が第二球面鏡4に入射する角度 $\theta_1$ より、 $\lambda_M$ が第二球面鏡4に入射する際の角度 $\theta_M$ の方が大きく、さらに、角度 $\theta_M$ より、 $\lambda_N$ が第二球面鏡4に入射する際の角度 $\theta_N$ の方が大きくなる。結局、回折格子31からより離れた位置の検出素子に入射する光の方がより大きな入射角で第二球面鏡4に入射することになり、コマ収差の影響が強くなる。このため、分散された光が隣接する波長同士で重なりあって入射する結果、分解能が大きく低下してしまう。

【0013】このように、マルチチャンネル分光計のマウントに従来の単色計用として一般的であったツェルニーターナー形を使用すると、十分な分解能が得られない問題がある。特に、より広い波長域での分光測定を行うためには、検出素子の配列数が多くなるため、アレイ型検出器6が長くなる傾向があるが、このようにすると、上記収差量の増大の問題はさらに助長されてしまう。本願の発明は、このような課題を解決するために成されたものであり、収差が小さく抑えられて分解能の高い実用的なマルチチャンネル分光計を提供することを目的としている。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本願の請求項1記載の発明は、異なる波長の光の強度を同時に測定することができるマルチチャンネル分光計であって、被測定光が入射する入射スリットと、被測定光をその波長に応じて所定の角度で分散させる分散素子と、入射スリットから入射した被測定光を平行光にして分散素子に入射させる平行用光学素子と、波長に応じて異なる角度で分散素子から分散する被測定光が入射する検出器と、検出器の受光面に被測定光を結ばせる結像用光学素子とを備え、前記入射スリットは、前記分散素子の光分散作用が働く方向の面である主平面を挟んで一方の側に配置されており、前記検出器は、検出素子を主平面の方向に並べたアレイ型検出器であって主平面を挟

んで他方の側に配置されているという構成を有する。上記課題を解決するため、本願の請求項2記載の発明は、前記請求項1の構成において、前記入射スリットと前記分散素子との間の光路上には入射側反射鏡が設けられており、入射スリットからの光軸はこの入射側反射鏡により90度曲げられて前記分散素子に達しているという構成を有する。上記課題を解決するため、本願の請求項3記載の発明は、前記請求項1の構成において、前記結像素子と前記検出器との間の光路上には出射側反射鏡が設けられており、結像素子からの光軸はこの出射側反射鏡により90度曲げられて前記検出器に達しているという構成を有する。上記課題を解決するため、本願の請求項4記載の発明は、前記請求項3の構成において、前記出射側反射鏡と前記検出器とは、前記結像素子と前記出射側反射鏡とを結ぶ光軸の方向に沿って一体に移動可能に設けられているという構成を有する。

#### 【0015】

【発明の実施の形態】以下、本願発明の実施の形態について説明する。図1は、本願発明の実施形態のマルチチャンネル分光計の概略構成を示す斜視図である。図1に示すマルチチャンネル分光計は、被測定光が入射する入射スリット1と、被測定光の波長に応じて所定の角度で光を分散させる分散素子3と、入射スリット1から入射した被測定光を平行光にして分散素子3に入射させる平行用光学素子と、波長に応じて異なる角度で分散素子3から分散する被測定光が入射するアレイ型検出器6と、アレイ型検出器6の受光面に被測定光を結ばせる結像用光学素子とを備えている。本実施形態では、図1から分かる通り、平行用光学素子と結像用光学素子には、一つの球面鏡7が兼用されている。

【0016】分散素子3としては、反射型の回折格子31が使用されている。回折格子31は、図1から分かるように、溝の長さ方向が上下方向に向くように配置されている。光を分散させる回折格子31の表面（以下、回折面）の中心は、球面鏡7の中心軸（球面鏡7の反射面の中心と曲率中心とを結んだ軸）70上に位置している。尚、本実施形態では、図1に示すように、斜め下方から被測定光が回折格子31に入射し、斜め上方に出射しながら分散する。但し、この場合でも、回折格子31による分散作用は水平方向に働いているから、主平面は図1に30として示すように水平方向である。

【0017】入射スリット1は、図1に示すように、主平面30の下側に配置されている。また、入射スリット1の上方には、入射側反射鏡81が配置されている。入射側反射鏡81は、水平面に対して45度の角度で配置されている。被測定光は、下方から垂直に入射スリット1に入射し、入射側反射鏡81に反射して球面鏡7に向かうようになっている。尚、球面鏡7に向かう光のうち、光軸上の光は水平に進む。また、図1から分かるように、入射スリット1の長さ方向は、光学的には主平面

30に対して垂直である。

【0018】入射側反射鏡81で反射した光は、平行用光学素子として機能する球面鏡7の下側部分（以下、コリメータ部）71に反射し、平行光となるよう構成されている。即ち、入射スリット1からコリメータ部71までの光軸の長さが、コリメータ部71の曲率半径の1/2に等しくなるよう構成されている。尚、図1に示すように、回折格子31は、コリメータ部71より少し上に位置している。従って、コリメータ部71で平行光となった被測定光は、少し斜め上方に進んで回折格子31に達するようになっている。

【0019】また、球面鏡7の上側部分72は、回折格子31から分散して出射される被測定光をアレイ型検出器6に結ばせる結像用光学素子として機能している。即ち、球面鏡7からアレイ型検出器6の受光面に達する光軸の長さは、球面鏡7の曲率半径の1/2に等しくなっている。結像用光学素子として機能する球面鏡7の上側部分（以下、コンデンサ部）72に入射する分散光は同様に平行光であるから、コンデンサ部72に反射した被測定光は、アレイ型検出器6の受光面に結ぶようになっている。つまり、アレイ型検出器6の受光面には、入射スリット1の像が各波長ごとに結像することになる。

【0020】図1に示すように、コンデンサ部72とアレイ型検出器6との間の光軸上には、出射側反射鏡82が配置されている。出射側反射鏡82は、水平方向に対して45度傾けて配置されている。コンデンサ部72から出射側反射鏡82への光軸は水平であり、出射側反射鏡82により光軸は垂直に曲げられ、上方のアレイ型検出器6に達している。尚、上記説明及び図1から分かるように、球面鏡7、回折格子31、入射側反射鏡81及び出射側反射鏡82の配置は、主平面30を挟んで対称である。

【0021】アレイ型検出器6は、図1に示すように細長い箱状の部材である。図2を用いてアレイ型検出器6の検出素子の構成について説明する。図2は、図1のマルチチャンネル分光計におけるアレイ型検出器6の検出素子の構成について説明する平面概略図である。図2に示すように、アレイ型検出器6は、多数の検出素子61を横に並べた構成である。個々の検出素子61はアレイ型検出器6の幅方向に長い長方形の入射面を有し、アレイ型検出器6の長さ方向に並べられている。検出素子61は、具体的にはInGaAsフォトダイオード等が使用できる。

【0022】図1及び図2から分かるように、回折格子31によって分散した各波長の光は、その波長に応じてアレイ型検出器6の特定の検出素子61に入射するようになっている。より具体的には、アレイ型検出器6の各検出素子61は、入射スリット1に対して平行で入射スリット1と同じ向きに長い形状の方形である。そして、前述したように、コンデンサ部72は、分散する各波長

の光により入射スリット1の像を各検出素子61に結像させ、各波長の光が光電変換されてその強度が測定される。

【0023】さらに詳しく説明すると、アレイ型検出器6には、増幅器やA/D変換回路等を備えた不図示の信号読み出し器が設けられている。そしてさらに、この信号読み出し器の出力信号は、不図示のコンピュータに送られるようになっている。各検出素子61に入射した各波長の光はアレイ型検出器6によって光電変換された後に増幅され、そしてデジタル信号に変換されてコンピュータに送られるようになっている。そして、コンピュータでは、送られた信号を処理して、波長ごとの光の強度即ち分光スペクトルをディスプレイに表示するようになっている。尚、上記説明から明らかなように、本実施形態の分光計はマルチチャンネル分光計であり、回折格子31の配置角度を変えことなく一回の測定で所定の波長域の分光スペクトルが得られる。

【0024】次に、本実施形態のマルチチャンネル分光計の機構的構造について、図3を使用してさらに詳しく説明する。図3は、図1に示すマルチチャンネル分光計の機構的構造について説明した正面断面図である。図3に示すように、本実施形態のマルチチャンネル分光計は、全体が直方体状のケース91に収納されている。ケース91の一方の側壁の内側には、回折格子保持具92が設けられており、回折格子保持具92によって回折格子31が所定角度で保持されている。また、他方の側壁の内側には、球面鏡保持具93によって球面鏡7が保持され、回折格子31と向かい合っている。

【0025】そして、ケース91の底板部の所定位置には開口が形成されており、この開口に填め込むようにして入射スリット1が設けられている。また、入射スリット1への光軸を取り囲むようにしてガイド筒94がケース91に固定されている。尚、入射スリット1へ被測定光を導く光ファイバの端部がこのガイド筒94に接続されることがある。

【0026】入射側反射鏡81は、ケース91に固定された入射側反射鏡保持具95によって保持されている。また、ケース91の上板部には比較的大きな開口が設けられており、この開口内にアレイ型検出器6が位置している。この開口を塞ぐようにして、ケース91の上側には検出器保持板96が設けられている。検出器保持板96は、その下面にアレイ型検出器6を固定して保持している。

【0027】また、図3に示すように、検出器保持板96には、出射側反射鏡保持具97が固定されている。出射側反射鏡保持具97は、検出器保持板96から下方に延び、球面鏡7の側に折れ曲がり、その先端に出射側反射鏡82を保持している。出射側反射鏡82は、コンデンサ部72からの水平な光軸が90度折れ曲がって垂直上方に向かい、その光軸がアレイ型検出器6の受光面の

中心に一致するよう、出射側反射鏡保持具97に保持されている。

【0028】図3に示す構造の大きな特徴点は、コンデンサ部72と出射側反射鏡82とを結ぶ光軸方向に出射側反射鏡82とアレイ型検出器6とが一体に移動できるようになっていることである。具体的に説明すると、上記検出器保持板96は、ガイドレール等を使用した不図示の直線移動機構を介してケース91に取り付けられている。この直線移動機構には、マイクロメータ等の不図示の微調整機構が設けられており、アレイ型検出器6と出射側反射鏡82の光軸方向の配置位置が非常に細かく調整できるようになっている。

【0029】アレイ型検出器6と出射側反射鏡82の配置位置の微調整は、分光計を組み立てた際の光学系全体の調整に大変便利である。即ち、アレイ型検出器6と出射側反射鏡82の配置位置を光軸に沿って動かすと、コンデンサ部72からアレイ型検出器6までの光路長が変化する。従って、コンデンサ部72の焦点の位置にアレイ型検出器6の受光面が精度よく一致するようアレイ型検出器6と出射側反射鏡82の配置位置を微調整することで、アレイ型検出器6の受光面に精度良く光が焦点を結び、測定の分解能と明るさを十分得ることができる。

【0030】さて、本実施形態のマルチチャンネル分光計は、従来のツェルニーターナー形のマウントを使用したものに比べて、以下のような長所がある。この点を図4を使用して説明する。図4は、図1に示すマルチチャンネル分光計の平面図であり、回折格子31から分散した光の結像状況を示した図である。尚、図4では、図示の都合上、出射側反射鏡82には反射しない状態が示されているが、図1に示すものと光学的には全く等価である。

【0031】前述したように、ツェルニーターナー形や本実施形態のマウントのように、球面鏡7を使用して結像させる光学系の問題の一つはコマ収差である。前述したように、ツェルニーターナー形のマウントを使用したマルチチャンネル分光計では、第二球面鏡74に入射する際の入射角が回折素子から分散する角度によって大きくことなり、コマ収差の影響が強くなってしまう。

【0032】一方、本実施形態の分光計について検討してみると、コンデンサ部72に入射する光のうち、図4に示す通り、平面視で球面鏡7の中心軸70に沿って入射する光は入射角が平面視では0度である。そして、中心軸70から最も離れて進んでコンデンサ部72に入射する光は最も入射角が大きくなるが、それでも、コンデンサ部72への光の入射状況は中心軸70を挟んで対称であるから、図6に示す場合に比べると、入射角の変化量はほぼ半分になる。このとき、コマ収差の影響は半分以下に減縮される。

【0033】また、図1から分かる通り、回折格子31からの光は、主平面30に対して角度を持って斜め上方

に進む。従って、正面から見たコンデンサ部72への入射角は、回折格子31からの分散角度によって僅かに異なる。しかしながら、出射側反射鏡82を回折格子31に接近した位置に配置することで、上記斜め上方に進む角度をより小さくすることができる。このため、上記正面視での入射角の差異は殆ど無視でき、分解能に影響を与えるようなコマ収差を発生させることはない。

【0034】尚、図1に示すマウントでは、球面鏡7の中心を通る中心軸70に対して斜め上方に光が進んでコンデンサ部72に入射するので、メオリジナル面は中心軸70を通り主平面30に垂直な面になる。そして、サジタル面は、コンデンサ部72に入射する光線においてメオリジナル面に垂直な面である。従って、非点収差の形成のされ方は図5に示すマウントとは90度異なる。

【0035】上記説明では、分散素子3の例として反射型回折格子31を採り上げたが、透過型の回折格子31や、プリズムと反射鏡との組み合わせのような構成を採用することも可能である。尚、入射側反射鏡81や出射側反射鏡82を使用しなくとも、前述したコマ収差量の低減という効果は同様に得ることができる。但し、入射側反射鏡81や出射側反射鏡82を使用しないと、入射スリット1やアレイ型検出器6を回折格子31のすぐ下又は上に配置することになり、入射スリット1やアレイ型検出器6の大きさによっては配置が困難となる場合がある。また、コマ収差等の影響を小さくするには、球面鏡7の曲率半径を大きくすることが有効であるが、曲率半径を大きくすると、入射スリット1からコリメータ部71への光路長及びコンデンサ部72からアレイ型検出器6への光路長が長くなり、分光計全体が横に長くなる欠点がある。しかしながら、入射側反射鏡81や出射側反射鏡82を使用すると、光軸が縦に曲げられるので、横に長くならずコンパクトにできる。

【0036】

【発明の効果】以上説明した通り、本願の各請求項1の発明によれば、アレイ型検出器を使用したマルチチャンネル分光計において、コマ収差の影響が半減し、分解能

や明るさの点で優れた測定を行うことができる。また、請求項2の発明によれば、上記請求項1の効果に加え、入射スリットの配置が容易となり、また分光計全体をコンパクトにできる。また、請求項3の発明によれば、上記請求項1の効果に加え、アレイ型検出器の配置が容易となり、また分光計全体をコンパクトにできる。さらに、請求項4の発明によれば、上記請求項3の効果に加え、光学系の調整が容易に行え、さらに実用的な構成となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本願発明の実施形態のマルチチャンネル分光計の概略構成を示す斜視図である。

【図2】図1のマルチチャンネル分光計におけるアレイ型検出器6の検出素子の構成について説明する平面概略図である。

【図3】図1に示すマルチチャンネル分光計の機構的構造について説明した正面断面図である。

【図4】図1に示すマルチチャンネル分光計の平面図であり、回折格子31から分散した光の結像状況を示した図である。

【図5】従来の代表的な分光計のマウントの概略構成を示す図である。

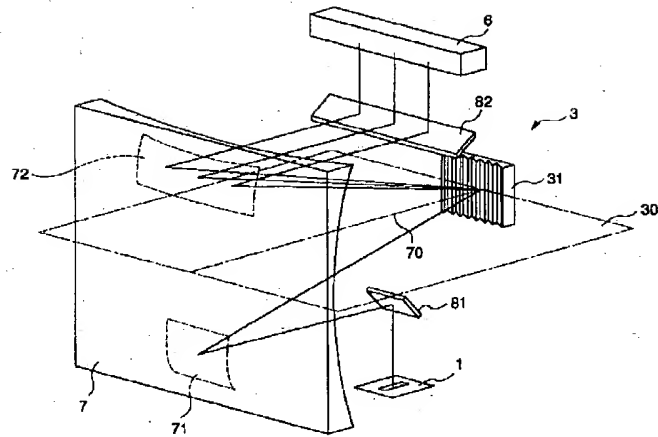
【図6】ツェルニーターナー形のマウントを使用したマルチチャンネル分光計の概略構成を示す図である。

【符号の説明】

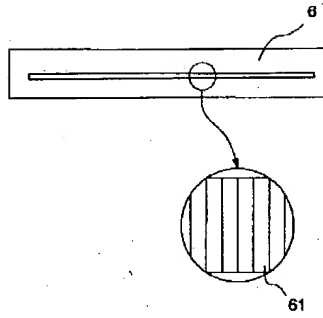
- 1 入射スリット
- 3 分散素子
- 31 回折格子
- 30 主平面
- 31 回折格子
- 6 アレイ型検出器
- 7 球面鏡
- 71 コリメータ部
- 72 コンデンサ部
- 81 入射側反射鏡
- 82 出射側反射鏡



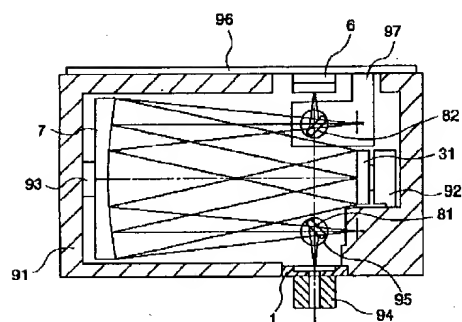
【図1】



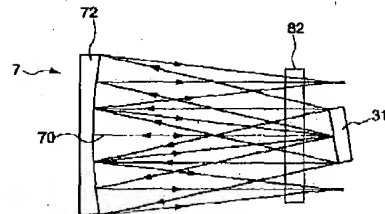
【図2】



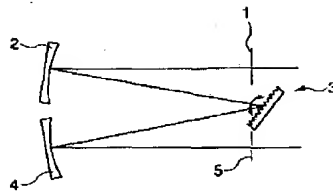
【図3】



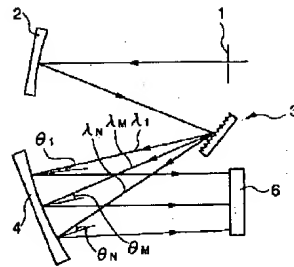
【図4】



【図5】



【図6】



## 【手続補正書】

【提出日】平成11年4月12日(1999.4.12)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項3

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【請求項3】 前記結像用光学素子と前記検出器との間の光路上には出射側反射鏡が設けられており、結像用光学素子からの光軸はこの出射側反射鏡により90度曲げられて前記検出器に達していることを特徴とする請求項1記載のマルチチャンネル分光計。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項4

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【請求項4】 前記出射側反射鏡と前記検出器とは、前記結像用光学素子と前記出射側反射鏡とを結ぶ光軸の方向に沿って一体に移動可能に設けられていることを特徴とする請求項3記載のマルチチャンネル分光計。

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0010】一方、ダイオードアレイ等の検出素子を並べたアレイ型検出器の開発により、一回の測定で異なる波長の強度測定が同時に行える分光計(本明細書ではマルチチャンネル分光計と呼ぶ)の開発が可能となってきた。マルチチャンネル分光計は、出射スリット5を配置せず、出射スリット5の位置(又はこれと光学的に等価

な位置)にアレイ型検出器を配置する。アレイ型検出器の検出素子の配列方向は、分散素子3が光を分散させる方向と一致させる。従って、図5に示すツェルニーターナー形のマウントを使用してマルチチャンネル分光計を構成すると、図6に示すようになる。図6は、ツェルニーターナー形のマウントを使用したマルチチャンネル分光計の概略構成を示す図である。図6に示すアレイ型検出器6の各検出素子には、波長ごとに異なる方向に分散した光が入射し、各検出素子毎に独立して光電変換することで、分光された各波長の強度を同時に知ることができる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

【0012】より具体的に説明すると、図6において、分散素子3から分散する各波長の光を $\lambda_1, \dots, \lambda_M, \dots, \lambda_N$ とすると、 $\lambda_1$ が第二球面鏡4に入射する角度 $\theta_1$ より、 $\lambda_M$ が第二球面鏡4に入射する際の角度 $\theta_M$ の方が大きく、さらに、角度 $\theta_M$ より、 $\lambda_N$ が第二球面鏡4に入射する際の角度 $\theta_N$ の方が大きくなる。結局、分散素子3からより離れた位置の検出素子に入射する光の方がより大きな入射角で第二球面鏡4に入射することになり、コマ収差の影響が強くなる。このため、分散された光が隣接する波長同士で重なりあって入射する結果、分解能が大きく低下してしまう。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本願の請求項1記載の発明は、異なる波長の光の強度を同時に測定することができるマルチチャンネル分光計であって、被測定光が入射する入射スリットと、被測定光をその波長に応じて所定の角度で分散させる分散素子と、入射スリットから入射した被測定光を平行光にして分散素子に入射させる平行用光学素子と、波長に応じて異なる角度で分散素子から分散する被測定光が入射する検出器と、検出器の受光面に被測定光を結ばせる結像用光学素子とを備え、前記入射スリットは、前記分散素子の光分散作用が働く方向の面である主平面を挟んで一方の側に配置されており、前記検出器は、検出素子を主平面の方向に並べたアレイ型検出器であって主平面を挟

んで他方の側に配置されているという構成を有する。上記課題を解決するため、本願の請求項2記載の発明は、前記請求項1の構成において、前記入射スリットと前記分散素子との間の光路上には入射側反射鏡が設けられており、入射スリットからの光軸はこの入射側反射鏡により90度曲げられて前記分散素子に達しているという構成を有する。上記課題を解決するため、本願の請求項3記載の発明は、前記請求項1の構成において、前記結像用光学素子と前記検出器との間の光路上には出射側反射鏡が設けられており、結像用光学素子からの光軸はこの出射側反射鏡により90度曲げられて前記検出器に達しているという構成を有する。上記課題を解決するため、本願の請求項4記載の発明は、前記請求項3の構成において、前記出射側反射鏡と前記検出器とは、前記結像用光学素子と前記出射側反射鏡とを結ぶ光軸の方向に沿って一体に移動可能に設けられているという構成を有する。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0031

【補正方法】変更

【補正内容】

【0031】前述したように、ツェルニーターナー形や本実施形態のマウントのように、球面鏡7を使用して結像させる光学系の問題の一つはコマ収差である。前述したように、ツェルニーターナー形のマウントを使用したマルチチャンネル分光計では、第二球面鏡4に入射する際の入射角が回折素子から分散する角度によって大きく異なり、コマ収差の影響が強くなってしまう。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】符号の説明

【補正方法】変更

【補正内容】

【符号の説明】

- 1 入射スリット
- 3 分散素子
- 30 主平面
- 31 回折格子
- 6 アレイ型検出器
- 7 球面鏡
- 71 コリメータ部
- 72 コンデンサ部
- 81 入射側反射鏡
- 82 出射側反射鏡